Aus der Orthopädischen Universitätsklinik und Poliklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Exner

Form und Stellung des Calcaneus in Abhängigkeit von Form und Funktion des Fußes

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität zu Marburg

vorgelegt von

Christoph Sollmann

aus Breslau

Marburg 1968

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik und Poliklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Exner

Form und Stellung des Calcaneus in Abhängigkeit von Form und Funktion des Fußes

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität zu Marburg

vorgelegt von

Christoph Sollmann

aus Breslau

Marburg 1968

Kleinoffsetdruck: Görich & Weiershäuser, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der
Universität Marburg/Lahn am 6. 2. 1968
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. R. Siegert
Referent: Prof. Dr. med. G. Exner
Correferent: Prof. Dr. med. J. Rohen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Begründung und Problemstellung der eigenen Arbeit	2
Auffassungen über die Fußstatik und Mechanik in der geschichtlichen Entwicklung	4
Eigene Methode	8
Statistische Befundauswertung	17
Kasuistik in Tabellen	19
Diskussion	35
Zusammenfassung	39
Literaturverzeichnis	42

FORM UND STELLUNG DES CALCANEUS IN ABHÄNGIGKEIT VON FORM UND FUNKTION DES FUSSES .

Anhand von 227 Füßen, die klinisch und röntgenologisch untersucht wurden, soll nachgeprüft werden, ob eine Abhängigkeit der Calcaneus-Form von der Fußform und Funktion besteht.

Einleitung:

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts begann mit den Arbeiten von W. Roux (1,2,3) die Diskussion über die gestaltende Kraft der Funktion. Vor allem J. Wolff führte diese Gedanken in seiner " Lehre von der funktionellen Knochengestalt " weiter und prägte den Begriff der " Transformationskraft ". Nachdem der Ingenieur Culman die statischen Belastungslinien eines Oberschenkelknochens berechnet und auch gezeichnet hatte und seine Ergebnisse mit den Spongiosazügen der anatomischen Präparate übereinstimmten, erklärte J. Wolff: " Die Knochenform ist das mathematische Gesamtbild der angreifenden Funktionen ".

Obwohl diese Theorie von E. Albert (1), Solger, Hanausek u.a. scharf bekämpft wurde, haben sich auch weiterhin Autoren wie W. Engels, W.Gebhardt, H. Reiner, H. Maaß, L. Lauenstein u.a. unter Beibehaltung der Grundkonzeption damit beschäftigt.

In den letzten Jahren wurden die Gedanken J. Wolffs erneut durch F. Pauwels (1,2) und K.H. Kneese aktuell, da die spannungsoptischen Versuche und die elektronenoptischen Untersuchungen eine Bestätigung dieser Theorien brachten.

In einem Syntheseversuch aus der einerseits rein mechanistisch-funktionellen und andererseits der rein genetisch ausgerichteten Betrachtungs-

weise legte K. Goerttler dar, dass zwar die Form und die feinere Struktur eines Organs zum großen Teil durch die Funktion geprägt werden, dass aber die erbliche Organanlage und deren Funktionstüchtigkeit die Voraussetzungen dazu ergeben.

Der obere Teil des Femur ist der heute statisch-anatomisch am besten erforschte Knochen. Obwohl sich auch mit dem Calcaneus schon Autoren wie W. Engels, H. Reiner, C. Lauenstein, W. Aberle, E. Albert (1), P. Haglunt (1,2), M. Böhm (1, 2,3), Böhler, W. Ehalt, H. Caspari, G. Bruno (1), W. Sacher, F.C. Dwyer, G. Hohmann u.a. beschäftigt haben, gibt es noch keine allgemein anerkannte funktionelle Deutung seiner Form und Struktur. Mit wenigen Ausnahmen (G. Bruno, W. Sacher, Gerassimova u. Kottscheff) sind die nicht immer reproduzierbaren Ergebnisse vieler Autoren durch meist zu geringe Anzahl von untersuchten Füssen bedingt (P. Pitzen).

Begründung und Problemstellung der eigenen Arbeit:

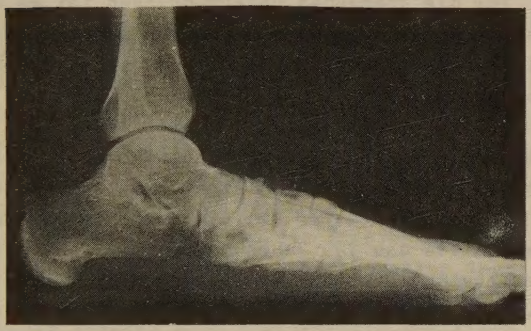
Bei der Durchsicht seitlicher Röntgen-Aufnahmen des Fusses fallen zum Teil sehr verschiedene Calcaneus-Formen auf, die in extremer Ausprägung einerseits schlank und grazil, andererseits kurz und plump erscheinen. Ausserdem treten recht unterschiedliche Apophysenformen auf, von denen manche den Eindruck erwecken, als seien sie "abgerutscht".

In der Literatur wurde schon gelegentlich die Meinung vertreten, dass der schlanke Calcaneus-Typ dem flachen bzw. dem Plattfuss, der plumpe dagegen dem hohen Spann bzw. dem Hohlfuss zuzuordnen sei (H. Reiner, W. Sacher).

Ausserdem sind ausgeprägte und immer wiederkehrende Formabweichungen bei Lähmungshacken- oder Klumpfüssen bekannt. So lässt sich wahr-

scheinlich die geringe Ausprägung des Tuber calcanei beim Lähmungshackenfuss (s. Abb. 1) mit dem fehlenden Zug des Muskulus triceps surae erklären. Auch beim Klumpfuss darf eine Störung des Muskelgleichgewichtes für die gegenüber der Norm veränderte Form des Calcaneus verantwortlich zu machen sein.

a



b

Abb. 1a/b: Oben deutlicher Plattfuss (a) mit etwas länglichem Calcaneus. Unten Calcaneusveränderungen (b) bei Lähmungshackenfuss.

Es erscheint daher sinnvoll, eine grössere Anzahl von Probanden mit "Normal-", "Hohl-" und "Senkfüssen" auf entsprechende Calcaneusveränderungen und eventuell vorhandene Beziehungen zu den einzelnen Fussformen zu untersuchen.

Auffassungen über die Fußstatik und Mechanik in der geschichtlichen Entwicklung.

Für die kommenden Untersuchungen ist es unbedingt nötig, sich um ein Verständnis der komplizierten Statik und Mechanik des ganzen Fusses zu bemühen.

Schon Petrus Campers erwähnte 1784, dass sich die Anatomen Vesalius und Albinius über einzelne Formen des Fersenbeines nicht ganz einig waren.

Hermann von Meyer (2) beschrieb in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den Fuss als eine Gewölbekonstruktion mit tragendem dritten Strahl. R. Fick fasste den Fuss als ein verklammertes Längs- und Quergewölbe mit fünf tragenden Strahlen auf, Lorenz als ein Gewölbe mit einem tragenden äusseren und einem stützenden Bogen, wobei letzterer mit dem Talus auf dem hinteren Teil des Tragbogens, dem Calcaneus , ruht. W.Engels sprach von einer hinteren und einer vorderen Haupt- und lateralen Nebenstrebe.

In der Folgezeit sind diese Grundgedanken noch mehrfach abgewandelt worden (H. Matheis (1,2), P. Pitzen, A. Benninghoff, L. Hasselwander u.a.).

Der alte Streit um die Gewichtsverteilung an den vorderen Stützpunkten des Fusses (H. v.Meyer (1,2), Beely, L. Seitz, T.G. Morton, R. Fick, A. Benninghoff, u.a.) wurde erst von G. Staudinger 1933 durch exakte Messungen entschieden, wobei bei Normalfüssen im Stand die Hauptlast auf dem ersten Strahl, bis zum fünften hin abnehmend,

und auf dem Fersenbein ruht. Im Gehen und bei pathologischen Formen ändern sich diese Verhältnisse in typischer Weise, wie es auch schon von Ducroquet, R., J. et P. nach sehr eingehenden Untersuchungen beschrieben wurde.

Über die Fersenbelastung hat in neuerer Zeit H. Wetzenstein eine ausführliche Arbeit veröffentlicht. Danach beschreibt der "Maximalpunkt" (in einen Punkt zusammengefasstes Körpergewicht) von lateral hinten nach medial vorne eine S-förmige Kurve, aus deren Lage sich auf Valgus- oder Varusstellung des Calcaneus schliessen lässt.

Selbstverständlich ging mit den verschiedenen Ansichten über die Fusskonstruktionen auch eine unterschiedliche Auffassung über die Entstehung der Fussfehlformen, besonders aber des Knick- und des Plattfusses einher.

H. v. Meyer (1) leitete die Entstehung des erworbenen Plattfusses von einer Rotation des Talus und einem Abgleiten desselben nach medial ab. Dieser Vorgang wird gleichzeitig von einer Valgisierung des Calcaneus begleitet. Vorbedingung für diese Veränderungen sei ein Missverhältnis zwischen Belastung und Tragfähigkeit des Bänder- und Muskelapparates, also eine Bindegewebsschwäche, die relativ zu hoher Belastung ausgesetzt wird. Als zusätzliche Veränderung komme es zu einer mehr oder weniger starken Umlegung des Fussgewölbes nach medial. Obwohl von verschiedenen Autoren zum Teil völlig andere Theorien aufgestellt wurden, wie z.B. eine ursächliche Senkung des 5. Strahls (A.Lorenz, H. Matheis (1,2), W. Wisbrun), abnorme Rotation der einzelnen Längssysteme (A. Weinert), relative oder absolute Verkürzung des 1. Metatarsale (D. Morton), geht die Mehrzahl der heutigen Anschauungen auf die Grundidee H. v. Meyers zurück.

Die Entstehung des angeborenen Plattfusses erklärt M. Böhm (1,2,3) mit einer Entwicklungshemmung, wobei der Talus in Plantarflexion und Adduktion stehen bleibt.

Mit der Ätiologie der Hohlfüsse haben sich besonders Duchenne, Scherb (1), K. Gaugele, P. Lewin, G. Hohmann u.a. beschäftigt. Sie nahmen Unterteilungen vor, die, mit Abweichungen, zwischen dem, unter Umständen noch physiologischen hohen Spann und dem neurotrophischen Ballenhohlfuss unterschieden. Während K. Gaugele den Lähmungshackenfuss noch zur letzten Gruppe zählte, möchte ihn G. Hohmann ganz davon getrennt wissen. Im Gegensatz zur meist vorhandenen Valgusstellung des Calcaneus beim Senk- bzw. Knicksenkfuss und einer entsprechenden Supination des Vorfußes, fanden sich eine durchschnittliche Varusstellung des Calcaneus bei Hohlfüssen mit mehr oder weniger ausgeprägter Pronationshaltung des Vorfusses.

Über den Begriff des "Normalfusses" gehen auch heute die Meinungen noch weit auseinander. J. Untereiner schreibt: " Der Normalfuss ist ein Knickfuss ", während W. Thomsen (4) der Meinung ist: " Nur der unverbildete, wohlgestaltete und zudem noch leistungsfähige, schmerzfreie Fuss kann als normal angesehen werden ". Den Knickfuss betrachtet er schon als eine pathologische Form.

Auch die meisten anderen Autoren (R. Fick, Baisch, Gerassimova u. Kottscheff, E. Güntz, G. W. Ritchie, A.W. Templeton u.a.) sind oder waren in diesem oder jenem Sinn an der Diskussion beteiligt.

Die Anatomie des Calcaneus ist in den Lehrbüchern der Anatomie bzw. den entsprechenden Handbüchern von R. Fick, H. Straßer, H. Brauss, A. Benninghoff u.a. eingehend beschrieben, so dass auf eine genauere Ausführung verzichtet werden kann.

Das länglich gebaute Fersenbein (Abb. 4) bildet den hinteren Teil des zweiarmigen Hebels, als welcher der Fuss aufgefasst werden kann. Zwischen der hinteren und den zwei oberen, vorderen Gelenkflächen, die in Verbindung mit dem Talus stehen, liegt der Sulcus calcanei. Der mediale Teil der oberen, vorderen Gelenkfläche wird durch das weit nach medial ausladende Sustentaculum tali gebildet. Die Vorderfläche des Processus anterior steht in gelenkiger Verbindung mit dem Cuboid. Die hintere Ausladung des Calcaneus, das Tuber, dient im hinteren, oberen Anteil als Ansatz der Achillessehne und läuft nach unten und vorn mit einem stärkeren medialen und einem schwächeren lateralen Processus posterior tuberis calcanei aus. Beide Processus dienen als Ursprung für die plantaren Muskeln. Die obere Fläche des Corpus calcanei läuft nach hinten in den vor der Achillessehne liegenden Processus posterior calcanei aus.

So gut die äussere Form des Calcaneus bekannt ist, so wenig existiert eine allgemein gültige Deutung der Spongiosastruktur, obwohl diese schon von mehreren Autoren (R. Fick, A. Albert (2), W. Engels, C. Lauenstein, H. Reiner, W. Aberle, P. Haglund, A. Benninghoff u.a.) beschrieben worden ist. Von den meisten Autoren wird ein von der hinteren Gelenkfläche mehr oder weniger radiär ausstrahlendes Bündel (Abb. 4c: 1,3,4) mit dazu circulär angeordneten Spongiosazügen (Abb. 4c: 2) angegeben. In den weiteren Einzelheiten bestehen differierende Angaben.

Bisherige Röntgen- und Messtechniken.

Seit Anfang des 2o. Jahrhunderts bis in die heutigen Tage wurden immer wieder Fussuntersuchungen unter jeweils konstanten Bedingungen

durchgeführt. Allerdings hatten die meisten Autoren ihr eigenes Schema, so dass es auch heute leider noch keine einheitlichen Standartkriterien gibt. Als wichtigste klinische Untersuchungsmethoden sollen hier kurz, ausser der Inspektion, Palpation und Prüfung der Funktion, die verschiedene Abnahme der Fussabdrücke (Lehm, Gips, Farbe), die Trittspurmessung nach Gräper-Thomsen und die Spiegeluntersuchungen nach Spitzy, neuerdings vervollkommnet nach J. Untereiner aufgeführt werden.

Auch röntgenologisch sind verschiedene Möglichkeiten von W. Engels, Baisch, F. Schede, M. Böhm (3), Böhler, W. Ehalt, G. Staudinger, E. Güntz, L. Hasselwander, G.W. Ritchie, A.W.Templeton, R.J.et P. Ducroquet u.a. beschrieben worden. Besonders interessant sind die sogenannten "Funktionsaufnahmen", die in gleicher Stellung, belastet und unbelastet aufgenommen wurden (Baisch, W. Engels, F. Schede, W. Thomsen u.a.) und die Röntgen-Raumbilddarstellung nach Hasselwander.

Eigene Methode:

Die Probanden wurden aus dem poliklinischen Krankengut klinisch und röntgenologisch nach drei Kategorien "Normalfüsse" (N), "Hohlfüsse" (H) und "Senkfüsse" (S) ausgewählt.

Wie sich aus Literaturvergleichen (s.o.) ergibt, ist eine allgemein gültige Festlegung der einzelnen Fussnormen sehr schwer und die Definition eines Normalfusses fast unmöglich. Wir haben uns daher entschlossen, im Rahmen dieser Arbeit alle Füsse als "normal" zu bezeichnen, die keine einwandfrei pathologischen Veränderungen aufweisen, auch wenn Einzelwerte schon jenseits der aufgestellten Erfahrungswerte (s.u.) lagen. Unsere "Normalfüsse" dürfen also nicht im strengen Sinne Thomsens verstanden werden.

Als klinische Untersuchungsmethoden wurden die Inspektion, die Palpation und die Funktionsprüfung herangezogen.

Um röntgenologisch zu auswertbaren Ergebnissen zu kommen, wurde ein Kasten mit Rückenlehne gebaut (Abb. 2), wie er schon in ähnlicher Form von W. Engels verwendet wurde. Trotz der denkbar einfachen Ausführung gewährleistet dieses Gerät gleichbleibende Aufnahmebedingungen.

Die Aufnahmen wurden seitlich im Stehen, tibiofibular, aus einer konstanten Entfernung von 8o cm mittels einer Röntgen-Kugel mit Lichtvisier vorgenommen. Der Fuss steht in lateralem Kontakt

Abb. 2
Fussaufnahmegerät

mit der Röntgen-Platte, der Zentralstrahl zeigt horizontal und rechtwinklig zur Platte auf den Malleolus medialis.

Bei der Auswertung des Röntgen-Materials haben wir uns sehr stark an die von Güntz angegebene Methode gehalten. Insbesondere wurde dabei die Verbindungslinie von Tuberbasis zur unteren Ecke des Calcaneo-Cuboidal-Gelenkes, bzw. deren Verlängerung, als Grund- oder Bezugslinie des Calcaneus und als dessen Achse benutzt (s.Abb.3,4).

Im Einzelnen waren folgende Kriterien zur Beurteilung massgebend (s.Abb. 3):

A = Alter

a = modifizierter Ristwinkel nach Dennemann, Matthiass und Berndt. Der Winkel wird einerseits durch die verlängerte Calcaneus-Grundlinie, andererseits durch die verlängerte Metatarsal-I-Achse gebildet.

b = Calcaneus-Auftrittswinkel, gemessen zwischen der Auftrittsebene und der Calcaneus-Grundlinie.

c = Winkel zwischen Mitteltalarlinie = Talusachse und Metatarsal-I-Achse. Nach Ritchie und Templeton soll er bei Normalfüssen gleich 0 sein. Bei eingesunkenem Gewölbe haben wir ihn als negativ, bei hochgesprengtem Gewölbe als positiv bezeichnet.

d = scheinbarer Winkel der Mitteltalarlinie zur Auftrittsebene = Taluswinkel (s.u.).

CNQ = Quotient aus grösster Entfernung der unteren Cuboidalbegrenzung und dem oberen Navikularerand zum grössten Navikularedurchmesser (s.u.).

M = Richtung der Metatarsal-I-Achse (Schede), ausgedrückt in Zahlensymbolen 1-5:

1 schneidet die Tibia
2 liegt in oberer Talushälfte
3 liegt in Talusmitte
4 liegt in der unteren Talushälfte
5 schneidet die hintere Calcaneus-Gelenkfläche

AV = arthrotische Veränderungen

1 im Talo-Navikular-Gelenk
2 im Navikulare-Cuneiforme-Gelenk
3 im Cuneiforme-Metatarsal-Gelenk

a

b

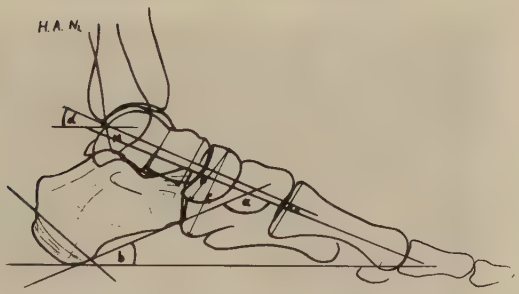
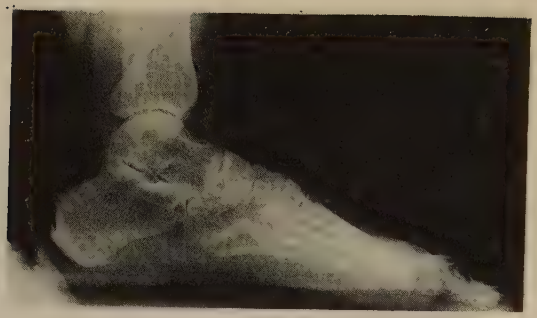
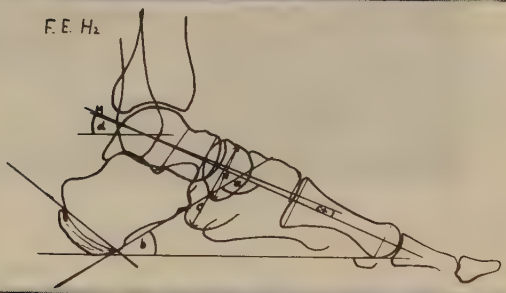


Abb. 3 a - f :
Röntgen-Aufnahmen in belastetem Zustand von verschiedenen Füssen mit den dazugehörigen Röntgen-Pausen:

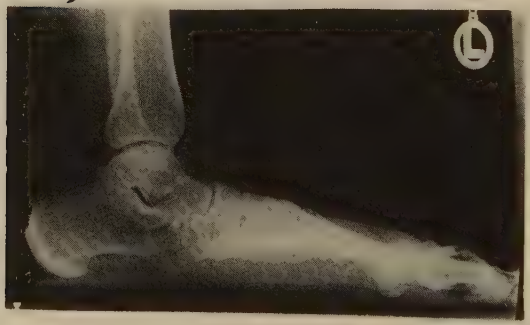
a / b : " Normalfuss "
c / d : " Hohlfuss "
e / f : " Senkfuss "

c

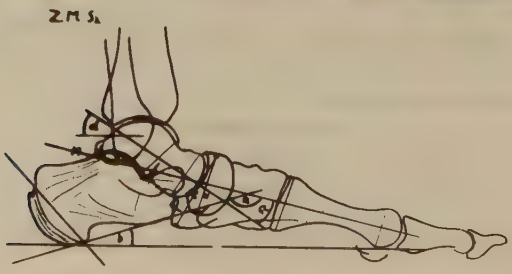




d



e



f

CNQ und der scheinbare Taluswinkel wurden als röntgenologische Kriterien für die Valgus- oder Varusstellung des Calcaneus, korrespondierend mit dem klinischen Befund genommen. Bei zunehmender Valgusstellung wandert das Cuboid nach dorsal, während sich der Navikularedurchmesser durch die Drehung des Navikulare scheinbar vergrössert. In solchen Fällen sinkt der Normalwert (1,4o-1,5o) und erhöht sich bei Varusstellung. Gekoppelt mit ersterem Vorgang dreht der Talus nach medial und " kippt " dabei abwärts. Das ergibt dann eine Vergrösserung des scheinbaren Winkels d. Obwohl diese Tatsachen schon lange bekannt sind (H.v. Meyer, Güntz, Dennemann), wurden diese Erkenntnisse messtechnisch in dieser Art noch nicht ausgewertet.

Bei der Röntgen-Diagnose waren folgende Grenzwerte = Erfahrungswerte massgebend:

	a	b	c	d	M	CNQ
H :	< 135	> 23	> -5	< 28	1-5	< 1,2
N :	135-15o	16-28	-1o bis +9	15-32	1-5	1,1-1,75
S :	> 14o	< 22	< 0	> 2o	3-5	> 1,31

Es muss dabei berücksichtigt werden, dass sich die Werte, ausser bei Extremfällen, häufig überschneiden. Die " Zentrale Tendenz " (Medianwerte) für die einzelnen Gruppen liegt bei:

	a	b	c	d	CNQ	M
H :	125,44	3o,55	+5,5	21,2	1,54	1,28
N :	136,8	23,o7	-7,5	23,84	1,23	3,7
S :	148,45	17,41	-14,51	32,34	1,18	5,15

Leider ist es in den meisten Fällen nicht möglich gewesen, exakte anamnestische Angaben zu erhalten, bzw. die Angaben richtig auszuwerten, weil viele Fussfehlformen leichten und sogar schwereren Grades nur als Zufallsbefunde erhoben

wurden, da sie von den Probanden früher nie bemerkt worden waren. Oft kamen auch Patienten mit völlig unzutreffenden Eigendiagnosen oder der Pauschaldiagnose " Knicksenkfuss ", auch wenn es sich dabei um einen hohen Spann handelte.

Aus den erwähnten Gründen musste oft auf eine Klärung der Genese einzelner Fussverbildungen verzichtet werden, obwohl wahrscheinlich gerade der Zeitpunkt der Entstehung der Fehlform eine grosse Rolle in der Knochenentwicklung spielt.

Nach dem Verhältnis der Zahlenwerte und dem klinischen Bild wurden die " Hohl- und Senkfüße " in drei Schweregrade (Gr.), 1 = leicht, 2 = mittel, 3 = schwer, die " Normalfüsse " in 1 = flacher, 2 = eigentlicher Normaltyp, 3 = hoher Typ, eingeteilt. Wie schon betont, handelt es sich bei den " Normalfüssen " nicht um solche im strengen Sinne Thomsens - am ehesten entspricht diesem der Grad 2 der " Normalfüsse " - sondern es handelt sich um Füsse, die sich, nach unserem Ermessen, nicht mehr in die Hohl- oder Senkfussgruppen einordnen lassen. Unter den "Hohlfüssen " finden sich sowohl der ausgeprägte hohe Spann (Gr.1), wie auch der fortgeschrittene, neurotrophische Ballenhohlfuss (Gr.3), jedoch keine Lähmungshakkenfüsse. In die " Senkfussgruppe " wurden sehr starke Knickfüsse mit leichter Senkkomponente, Senkfüsse und Knickplattfüsse aufgenommen.

Zur Bewertung der Calcaneus wurden folgende Kriterien herangezogen (Abb.4):

LMQ = Längen-Maximalhöhen-Quotient (modifizierter Tuberindex nach Martin-Saller). Die Länge wird als Abstand zwischen der senkrechten Projektion des Processus anterior und der hinteren Tuberfläche auf die Grundlinie gemessen, die Maximalhöhe als senk-

rechte Entfernung der Tuber- oder Gelenkoberfläche von der Grundlinie.

LCQ = Längen-Corpuslängen-Quotient (modifiziert nach Martin-Saller). Die Corpuslänge wird als grösste Entfernung zwischen dem Vorderrand der hinteren Gelenkfläche und der Tuberhinterfläche gemessen.

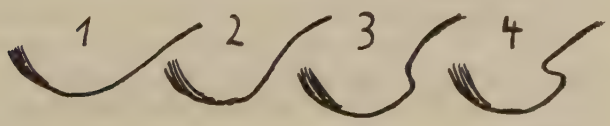
TGW = komplementärer Tuber-Gelenkwinkel (modifiziert nach L. Böhler und W. Ehalt). Es ist derjenige Winkel, der einerseits von der Verbindungslinie: Processus anterior - höchster Punkt der hinteren Gelenkfläche und der Verbindungslinie: höchster Punkt der hinteren Gelenkfläche - Processus posterior calcanei eingeschlossen wird. Aus messtechnischen Gründen wurde er dem ursprünglichen Tuber-Gelenk-Winkel vorgezogen.

TW = Tuber-Winkel, gemessen am Processus posterior calcanei zwischen der oberen Corpusfläche und der hinteren Tuberfläche.

AW = Apophysen-Winkel. Der Winkel wird zwischen der Verbindungslinie: obere zur unteren Apophysenbegrenzung und der Grundlinie gemessen. Die Bezeichnung ist bei ausgewachsenen Füssen nicht mehr ganz korrekt, wird aber zur Vermeidung von Verwechslungen mit dem ganzen Tuber beibehalten.

ATQ = Entfernung des Processus posterior calcanei vom oberen Apophysenansatz in Prozenten der Tuberhöhe.

PS = Form des Processus medialis tuberis calcanei in den Zahlensymbolen 1 - 4:



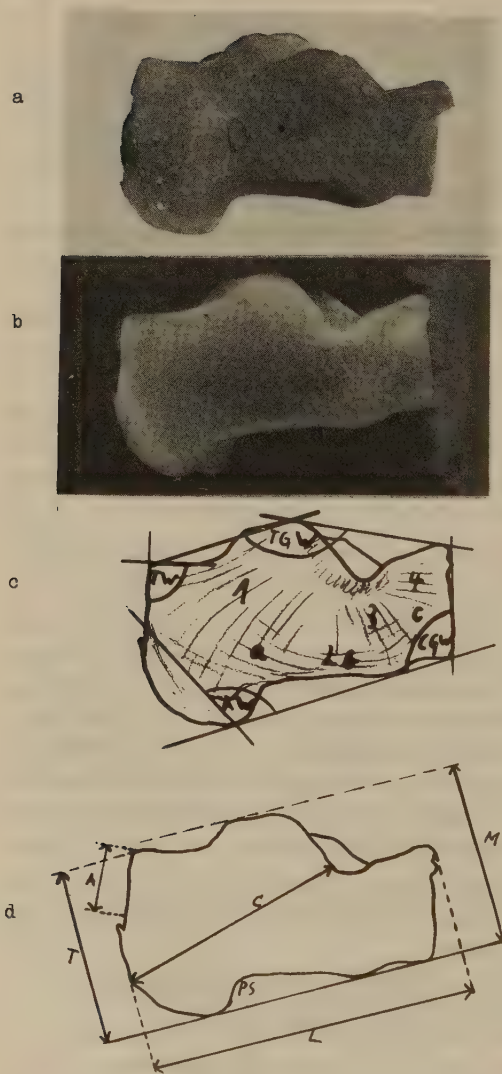


Abb. 4 a - d :
Photo, Röntgenaufnahme und die entsprechenden Pausen mit Einzeichnung der Masse des gleichen Calcaneus.

FS = Fersensporne (1= hinterer, 2= unterer FS)

CGW = Cuboidal-Gelenks-Winkel (Dennemann). Der Winkel, den die Grundlinie mit der Verbindungslinie: Oberkante zu Unterkante der Cuboidal-Gelenksfläche einschliesst.

Sp = Ausprägung der Spongiosastrukturen. Wie schon beschrieben, sind die radiären Strukturen in 1,3 und 4, die circulären in einen hinteren (2a), einen mittleren (2b) und einen vorderen Zug (2c) unterteilt worden. Normale Ausprägung wurde in den Tabellen nicht besonders angeführt und erscheint in der Auszählung später ohne Vorzeichen. Das Zurücktreten eines Bündels bzw. dessen Fehlen wurde als -, stärkere Zeichnung als + bezeichnet.

Die Abb. 5a - c zeigen die Calcanei von Normal-, Hohl- und Senkfüssen mit den entsprechenden Maßen.

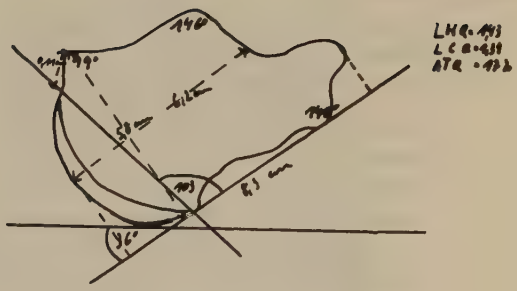
Statistische Befundauswertung

Zur näheren Erleuterung der nachfolgenden Arbeitsmethoden soll auf die Lehrbücher der Statistik, die Formelsammlungen und die " Wissenschaftlichen Tabellen " der Documenta Geigy verwiesen werden. Im Folgenden wird nur eine kurze Anführung des Arbeitsganges gebracht.

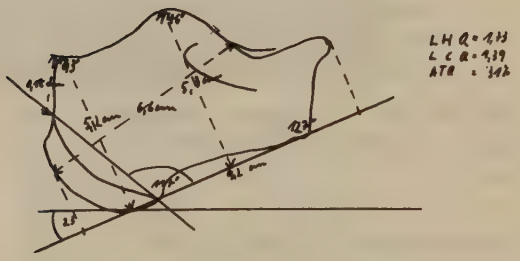
Zur Auswertung der erhaltenen Befunde (Tab. 1 - 1o) sind sowohl bei den Fuss- wie auch bei den Calcanei-Befunden Häufigkeitsverteilungen aufgestellt und die " Zentrale Tendenz " (Medianwerte) errechnet worden (s.o.).

Nach der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Merkmale (LHQ, LCQ usw.) wurde diese in Kurven nach dem " gleitenden Durchschnitt " x = 3 gezeichnet und die dazugehörigen Medianwerte eingetragen (Abb. 6 - 12).

a



b



c

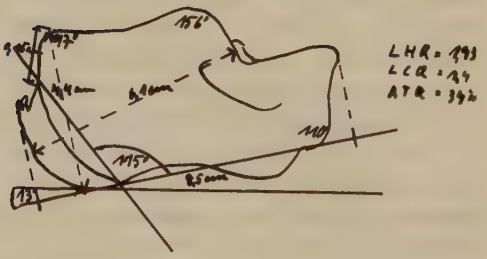


Abb. 5 a - c :

Calcanei von a : " Hohlfuss "

b : " Normalfuss "

c : " Senkfuss "

" HOHLFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
1	62	1	134	25	- 3	25	1,48	3	1,2	1,73	1,48	146	1o1	11o	38	2	1,2	125	-3
2	16	2	127	32	- 6	15	1,42	3	-	1,59	1,37	16o	1o1	11o	29	3	-	13o	-
		2	128	32	- 1	21	1,22	3	-	1,67	1,37	155	9o	1o8	42	3	-	128	-
3	15	1	13o	3o	- 7	28	1,2o	4	-	1,56	1,35	141	98	1o8	31	2	-	127	+1,-2
		1	132	28	o	2o	1,6o	3	1	1,58	1,37	144	1oo	1o8	29	2	-	128	+1,-2
4	1o	2	12o	32	+11	18	1,59	1	-	1,85	1,37	143	1o7	1o2	35	2	-	137	+2bc
5	55	1	133	25	+ 6	16	1,81	2	-	1,64	1,33	151	81	1o8	31	4	-	124	-
6	47	2	132	24	o	24	1,7o	1	-	1,78	1,39	156	1o9	112	34	3	-	114	-
		1	13o	23	+ 7	19	1,37	1	1	1,92	1,42	154	114	1o6	26	2	-	114	-
7	29	1	131	38	- 8	28	1,21	3	1	1,56	1,33	149	93	1o6	29	3	-	134	-2c
		1	131	29	o	22	1,29	3	-	1,72	1,32	143	9o	114	28	2	1	131	-2a,+2c
8	26	2	129	32	+ 3	18	1,o8	3	1	1,64	1,32	153	86	1o4	29	3	-	125	+1,+2b,-3
		1	128	31	- 4	25	1,19	3	-	1,69	1,39	153	87	1o4	29	3	-	128	-
9	65	2	123	31	+ 2	21	1,68	2	-	1,64	1,33	141	85	111	4o	3	1	135	+2ab,-3
		2	127	3o	- 2	25	1,23	3	-	1,54	1,3o	143	8o	11o	43	3	1	126	+2ab,-3
1o	31	3	116	3o	+29	3	1,93	1	-	1,82	1,37	152	92	1o7	29	2	-	12o	+2
11	24	2	125	29	+ 8	18	2,23	1	-	1,85	1,37	1 49	1o7	113	23	2	-	13o	-
		2	129	27	+ 3	21	1,8o	1	1	1,75	1,39	154	87	1o5	2o	3	-	135	+2
12	18	2	126	3o	- 8	31	1,14	2	-	1,72	1,35	146	1o4	1o7	29	2	-	125	+2b
13	16	3	111	38	+11	19	1,64	1	-	1,82	1,37	141	116	1o2	25	2	-	135	-2a
		3	113	36	+13	17	1,6o	1	-	1,85	1,37	143	1o8	1o4	3o	2	-	128	-2a
14	58	3	118	28	+17	16	2,2o	1	-	1,82	1,41	149	85	116	31	1	1,2	131	-
		3	117	32	+2o	11	2,81	1	-	1,66	1,41	149	79	111	33	4	-	129	+2bc

" HOHLFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
15	15	1	124	27	+15	15	2,11	1	-	1,59	1,37	153	94	1o3	23	3	-	135	+2bc
16	2o	2	122	34	+ 4	21	1,62	2	-	1,64	1,39	139	75	1o7	34	4	-	138	-2ac,-3
		1	13o	28	- 6	28	1,68	2	1	1,64	1,33	142	9o	115	32	3	-	125	-2c,-3
17	15	1	13o	29	- 4	25	1,29	3	-	1,66	1,43	148	83	1o7	28	2	-	134	+2b,-3
18	22	3	122	35	o	23	1,91	2	-	1,54	1,37	146	9o	123	46	3	-	124	+1,+2
		3	125	33	+ 2	2o	1,38	2	-	1,56	1,39	151	98	113	3o	3	-	124	+1,+2
19	27	3	115	32	+12	2o	1,72	1	-	1,62	1,4o	158	89	1o2	23	2	-	134	-
		3	115	27	+12	26	2,2o	1	-	1,73	1,35	149	9o	1o7	21	3	-	136	-
2o	44	2	121	27	+19	1o	1,32	1	-	1,69	1,33	142	9o	1o5	29	1	1	121	-2bc
21	56	1	132	27	- 4	22	1,5o	2	-	1,79	1,34	143	75	111	2o	4	1,2	127	-2c,-3
22	26	1	13o	27	- 6	29	1,82	3	-	1,69	1,37	142	1o3	1o8	31	3	-	136	+3
		2	122	3o	+ 2	25	2,2o	2	-	1,67	1,35	14o	1o6	11o	3o	3	-	137	+3
23	23	3	13o	32	+ 3	16	1,5o	3	-	1,77	1,45	145	85	113	39	3	-	14o	-
		3	125	35	o	2o	1,6o	3	-	1,74	1,45	148	89	1o9	34	3	-	139	-
24	27	3	115	36	+ 5	24	1,3o	1	-	1,67	1,39	143	8o	1o9	39	3	2	134	+2
		2	118	35	- 1	27	1,17	1	-	1,58	1,39	145	85	111	38	3	-	136	+2
25	27	2	125	34	- 4	27	1,55	2	-	1,65	1,45	154	1oo	11o	21	2	-	144	+2
		3	115	39	+ 6	19	1,71	3	-	1,64	1,44	153	98	96	21	2	-	152	+2bc
26	14	2	129	25	+ 5	2o	1,78	2	-	1,73	1,44	157	1o2	1o1	15	1	-	135	+1
		2	125	24	+ 6	23	1,7o	2	-	1,65	1,36	157	93	1oo	12	2	-	134	+1
27	14	2	12o	29	+ 7	23	1,93	1	-	1,64	1,44	163	1o4	99	16	1	-	138	+1,+2
		2	116	27	+21	15	2,11	1	-	1,77	1,45	161	95	1o1	17	1	-	135	+1,+2
28	15	2	129	31	o	22	1,55	3	-	1,54	1,36	162	93	99	21	2	-	129	+1,+2

" HOHLFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
28	15	2	13o	29	- 3	21	1,53	3	1	1,47	1,33	157	91	1o1	16	3	-	128	+2
29	45	2	122	35	- 8	32	1,33	3	1	1,66	1,37	15o	112	1oo	32	2	-	135	+2c
		2	124	33	-11	34	1,25	4	1	1,65	1,41	146	1oo	96	19	2	-	145	+2c
3o	58	3	1o9	32	+21	16	1,78	1	-	1,49	1,33	153	1oo	1o8	25	3	-	136	-2c
		3	1o6	36	+2o	17	1,62	1	-	1,43	1,34	146	99	1o3	17	3	-	141	-2c
31	13	1	139	24	+12	1o	1,32	2	-	1,7o	1,33	144	98	93	7	3	-	11o	-2c
32	42	2	126	28	+ 6	2o	1,55	1	-	1,6o	1,32	146	93	116	31	4	-	123	-2c
		2	12o	32	+14	12	1,54	1	-	1,72	1,39	148	1o3	11o	26	4	-	124	-
33	14	3	124	35	+ 6	19	1,57	2	-	1,63	1,39	146	1o1	1o2	23	3	-	127	+2bc,-3
		2	131	29	- 1	21	1,4o	3	-	1,65	1,41	15o	95	1o4	25	3	-	124	+2
34	7	3	115	36	+ 7	12	1,22	1	-	1,66	1,37	138	95	---	--	-	-	131	-
		3	112	39	+12	17	1,55	1	-	1,62	1,44	137	1o4	---	--	-	-	128	-
35	4o	1	124	29	+ 2	23	1,48	2	-	1,63	1,42	145	1o4	1o7	25	4	-	138	-
		3	1o3	38	+23	17	2,25	1	-	1,68	1,39	145	97	111	38	4	-	139	-2c
36	56	2	121	29	+15	15	1,17	1	-	1,6o	1,35	154	1o3	99	14	4	-	115	-
		1	131	22	+1o	16	1,37	2	-	1,63	1,38	152	9o	11o	27	4	-	113	-
37	24	2	124	3o	+ 5	26	1,71	2	1	1,71	1,42	143	93	1o2	24	4	-	139	-2c,-3
		1	133	27	+ 3	2o	1,44	3	1	1,67	1,39	144	98	1o5	31	3	-	124	-2c
38	37	1	132	29	o	19	1,29	4	1	1,66	1,42	15o	1o3	124	36	3	-	127	-2,-3
39	3o	2	126	3o	o	25	1,4o	2	-	1,82	1,37	144	94	1o5	33	2	2	134	+2bc
		2	127	28	+ 6	2o	1,5o	1	1	1,84	1,4o	148	92	111	39	1	2	136	+1,+2
4o	17	3	122	34	+12	12	1,18	1	1	1,71	1,44	148	9o	1o6	42	2	-	116	+1,+2
		2	123	31	+16	1o	1,47	1	-	1,8o	1,46	149	96	11o	39	2	-	127	+1,+2

" NORMALFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
1	62	2	141	21	- 8	25	1,5o	4	1	1,72	1,39	145	1o4	1o8	33	2	1,2	125	-3
2	1o	2	134	23	- 3	24	1,17	3	-	1,92	1,41	145	1o7	1o3	33	2	-	131	+2bc
3	55	1	146	2o	- 5	19	1,18	5	-	1,72	1,33	145	9o	111	32	4	-	111	-2ac
4	53	3	135	22	- 3	27	1,35	2	-	1,58	1,36	153	9o	1o9	28	3	-	1o9	-2c
		2	137	24	- 5	25	1,28	3	-	1,54	1,38	157	9o	1o9	33	3	-	114	-2c
5	31	1	138	23	-12	3o	1,37	4	-	1,7o	1,28	146	97	115	42	3	-	117	-2c
6	18	1	136	25	-14	33	1,08	4	-	1,78	1,47	146	1o2	11o	33	3	-	127	-
7	46	3	134	25	+ 5	17	1,62	3	-	1,67	1,42	157	9o	115	33	4	2	135	-2c,-3
		2	139	23	- 4	22	1,2o	4	-	1,67	1,27	157	93	114	27	4	-	125	-2c,-3
8	11	2	134	24	+ 1	2o	1,88	3	-	1,75	1,33	147	1o9	111	35	2	-	124	-
9	22	3	134	24	+ 8	14	1,33	3	1	1,75	1,39	152	98	1o3	23	4	-	12o	-2ac
		3	136	25	+ 6	13	1,43	3	1	1,7o	1,39	15o	98	1o4	33	4	-	12o	-2c
1o	63	3	134	25	+ 3	19	1,27	2	3	1,74	1,44	152	92	111	32	3	-	134	-
11	11	1	138	23	- 3	22	1,2o	4	-	1,95	1,4o	145	122	1o3	38	3	-	128	-
		1	141	23	-1o	26	1,22	4	-	2,o2	1,44	147	97	1o8	36	2	-	117	+2bc
12	13	2	135	23	- 7	21	1,5o	3	-	1,83	1,47	143	112	112	23	2	-	125	+2a
		3	13o	28	- 9	22	1,48	3	-	1,83	1,47	145	112	1o7	19	3	-	13o	-
13	66	1	141	16	+ 8	15	1,15	4	-	1,88	1,37	148	1oo	1o7	27	3	-	115	-
14	33	1	14o	2o	-11	31	1,2o	4	-	1,74	1,39	146	96	1o9	29	3	-	122	-2c,-3
		2	136	23	- 5	26	1,49	3	-	1,73	1,39	146	93	117	31	3	-	127	-
15	44	2	136	21	+ 3	2o	1,4o	2	-	1,89	1,39	158	98	114	28	3	-	123	+2b
		2	137	22	- 2	24	1,4o	2	-	1,89	1,39	158	9o	122	32	4	-	124	+2b
16	15	2	132	23	- 5	3o	1,24	2	-	1,61	1,37	151	94	1o4	21	3	-	13o	+2bc

" NORMALFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
17	15	2	133	21	- 4	31	1,58	3	-	1,86	1,34	145	1o7	1o5	29	3	-	124	+2b
18	16	3	128	29	- 3	26	1,1o	3	-	1,24	1,49	156	114	1o7	29	3	-	128	+2bc
		2	137	24	- 6	25	1,o5	4	-	1,75	1,43	154	11o	113	27	3	-	125	-
19	5o	2	137	22	- 2	23	1,18	3	-	1,64	1,37	152	78	99	21	3	-	123	+2b
2o	24	1	138	23	- 7	26	1,16	4	-	1,66	1,4o	15o	93	112	27	3	-	123	+2
		2	137	23	+ 1	19	1,31	3	-	1,73	1,4o	148	9o	11o	19	3	-	124	+2
21	15	1	138	22	- 7	27	1,29	4	-	1,75	1,45	143	9o	11o	33	3	-	133	+2b,-3
22	36	2	137	19	+ 4	21	1,11	3	1,3	1,7o	1,4o	148	93	115	3o	2	2	11o	+2ab
23	24	2	137	23	-14	34	1,25	3	-	1,82	1,38	145	1o1	111	26	4	1	128	-
		3	133	27	- 3	23	1,64	3	1	1,76	1,35	147	1o1	1o8	26	4	1	125	-
24	21	1	143	19	-1o	3o	1,21	4	-	1,72	1,38	145	88	11o	33	3	-	118	-2c
		1	141	18	- 8	29	1,35	4	-	1,69	1,36	138	97	11o	31	3	-	116	-2c,-3
25	31	2	137	26	o	2o	1,31	4	-	1,7o	1,43	148	92	116	3o	2	-	116	-2c
		2	135	26	+ 1	18	1,4o	3	-	1,71	1,41	151	9o	117	26	2	-	118	+2b
26	37	2	133	28	- 9	28	1,o7	4	1	1,72	1,32	148	9o	1o7	33	4	-	122	-2c,-3
27	54	1	142	18	o	21	1,23	4	1,2	1,72	1,44	147	1o3	114	35	2	-	116	-
28	59	2	138	24	- 5	23	1,25	3	1	1,7o	1,35	154	9o	1o8	32	4	-	118	-2b+2c
29	2o	1	149	23	- 3	21	1,38	4	1	1,75	1,43	144	98	112	25	4	-	126	+2bc
		1	142	21	- 6	22	1,15	5	1,3	1,8o	1,39	151	94	113	17	3	-	119	+2bc
3o	42	1	147	15	- 1	2o	1,3o	3	1	1,73	1,35	15o	83	117	33	3	2	115	+2ab
		1	149	16	- 5	21	1,36	4	-	1,83	1,37	153	98	122	25	3	-	11o	+2ab
31	56	3	132	25	+ 9	15	1,33	1	-	1,63	1,45	148	95	115	27	4	-	124	+2
		3	131	25	+ 9	15	1,67	1	-	1,7o	1,46	145	95	11o	21	4	-	124	+2

" NORMALFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	d	c	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
32	2o	2	135	23	- 4	27	1,28	3	-	1,6o	1,34	156	86	1o6	24	3	-	119	-
		3	132	26	- 2	25	1,37	3	-	1,73	1,42	161	84	1o5	29	3	-	124	-
33	44	3	133	21	+ 2	24	1,4o	1	-	1,64	1,3o	147	82	115	28	2	1	117	-2bc
34	56	1	14o	19	- 6	29	1,5o	3	-	1,88	1,41	151	78	114	27	4	-	128	+2ab
35	38	3	128	31	-11	33	1,63	3	3	1,64	1,38	154	9o	1o6	4o	3	-	138	+2bc
		2	132	22	+ 1	2o	1,68	3	1,3	1,83	1,4o	155	93	111	37	3	-	137	+2bc
36	26	3	13o	25	+ 9	17	1,42	1	-	1,67	1,32	154	78	113	31	3	-	115	-
		3	131	26	o	22	1,76	2	-	1,6o	1,38	153	85	114	27	4	-	127	-2c
37	13	1	141	21	- 4	21	1,65	4	-	1,83	1,44	156	9o	1o5	24	3	-	134	-
		2	139	21	+ 5	15	1,6o	3	-	1,92	1,48	148	1o1	113	23	3	-	126	-
38	58	3	132	24	+ 7	17	1,39	1	-	1,63	1,38	151	9o	11o	32	3	2	128	-
		2	134	23	o	24	1,24	3	-	1,66	1,39	159	93	114	23	3	2	118	-
39	15	2	13o	21	+ 5	25	1,6o	1	-	1,66	1,43	155	93	116	25	3	-	115	+2
40	71	1	141	2o	-11	3o	1,3o	4	-	1,59	1,42	156	1o6	115	36	4	1	121	-2bc,-3
41	5o	1	142	2o	- 3	21	1,3o	3	1,2	1,66	1,36	152	92	1o9	28	2	-	113	-2c
42	13	2	132	27	-1o	3o	1,o2	4	-	1,63	1,36	155	98	1oo	18	3	-	125	-
		2	135	23	- 7	27	1,19	3	-	1,69	1,37	159	9o	99	19	3	-	117	-
43	13	2	136	23	o	22	1,33	3	-	1,81	1,4o	146	99	11o	25	3	-	117	-
44	45	1	142	2o	- 4	23	1,o2	4	1	1,75	1,35	147	1o4	1o4	33	3	-	115	-
		1	141	17	- 3	21	1,o5	4	1	1,89	1,4o	154	1o9	1o4	29	3	-	117	-
45	12	3	129	26	- 1	26	1,53	2	-	1,69	1,45	146	12o	1o2	27	3	-	124	-2
		3	128	27	+ 3	23	1,47	3	-	1,67	1,46	14o	1o3	1o7	3o	3	-	125	-2

" SENKFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
1	13	2	157	16	-15	32	1,47	5	-	1,93	1,37	149	98	1o8	3o	3	-	12o	-
		2	145	17	-11	29	1,25	3	1	1,94	1,37	15o	1o5	1o9	26	3	-	124	-
2	1o	1	138	22	-1o	3o	1,47	4	-	1,72	1,38	143	1o5	112	38	3	-	125	-2
		1	142	22	- 8	25	1,54	4	-	1,66	1,3o	141	9o	112	38	3	-	127	-2,-3
3	52	3	153	14	-2o	33	1,19	5	1,2,3	1,5o	1,38	153	85	1o8	31	3	2	115	-2c
		2	145	21	-17	32	1,11	4	1,2,3	1,56	1,41	153	95	114	39	3	-	124	-2c
4	61	3	153	12	-22	38	1,14	5	1,2	1,76	1,4o	147	9o	113	31	2	1,2	118	-2ac,-3
		2	147	19	-2o	35	1,19	4	1,2	1,76	1,4o	148	9o	117	37	3	-	118	-2c
5	62	3	153	14	-27	4o	1,o3	5	-	1,67	1,4o	15o	81	11o	26	3	2x1	111	-2bc,-3
		2	146	19	-14	3o	1,o5	5	-	1,8o	1,42	15o	9o	11o	24	3	1	117	-2c,+2a,-3
6	65	2	145	18	-1o	27	1,1o	4	-	1,81	1,38	151	1oo	1oo	25	2	-	12o	-
		2	147	16	0	18	1,17	4	-	1,87	1,4o	15o	98	1o2	23	2	1	113	-
7	68	3	155	13	-2o	33	1,oo	5	1,2	1,93	1,4o	156	97	115	35	1	1	11o	+2ab,+3
		3	154	13	-18	32	o,96	5	1,2	1,98	1,38	155	93	112	3o	2	1	113	+2ab,+3
8	42	1	147	19	-16	3o	1,17	5	-	1,67	1,45	155	94	113	33	3	-	118	-
		1	143	2o	-1o	27	1,16	4	-	1,59	1,46	155	77	11o	36	3	-	116	-3
9	69	2	15o	16	-22	35	1,23	5	2	1,6o	1,38	152	82	113	38	3	-	114	-2
		2	15o	14	-15	31	1,25	5	1,2	1,61	1,43	153	88	11o	38	3	-	119	-
1o	42	1	149	17	-19	34	1,45	4	-	1,77	1,35	144	88	11o	33	3	-	118	+2
		1	146	17	- 6	23	1,24	5	-	1,83	1,42	147	9o	1o5	36	3	-	119	+2ab
11	44	2	156	11	-16	29	1,13	5	1,2	2,o2	1,38	153	112	111	23	3	-	111	-
		2	155	12	-12	26	1,13	5	1,2	2,o2	1,33	153	113	111	24	4	-	111	-2c

" SENKFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
12	11	1	14o	21	-12	3o	1,6o	5	-	1,75	1,38	145	1o4	1o5	25	2	-	13o	-
13	54	1	143	2o	-14	33	1,25	4	1,2	1,63	1,37	153	97	114	33	3	1	12o	-2c
		1	146	18	-16	32	1,16	4	1,2	1,69	1,45	16o	98	112	33	4	1	12o	+1,+2a,-c
14	54	3	151	12	-15	32	1,3o	4	1,2,3	1,8o	1,34	153	95	1o3	26	2	2	1o6	+2ab,+3
		2	147	15	-15	32	1,1o	4	1,2,3	1,61	1,25	141	113	111	28	2	-	99	+2ab,+3
15	48	2	148	2o	-21	35	1,24	5	1,2o	1,72	1,36	149	94	1o7	35	3	1	124	-
		2	149	18	-21	34	1,31	5	1,2	1,75	1,35	156	93	1o8	37	3	-	119	-
16	66	1	144	18	-15	3o	1,18	5	-	1,88	1,43	147	112	1o8	25	3	-	125	-2c
		1	141	16	+ 8	15	1,15	4	-	1,88	1,37	148	1oo	1o7	28	2	-	115	-
17	46	2	153	12	-23	36	1,16	5	1	1,73	1,31	141	113	1o4	32	4	1,2	1o5	-2c,+2ab
		2	147	14	-27	35	1,43	4	1	1,82	1,4o	143	116	121	34	3	1,2	115	-2
18	5o	1	144	19	-16	33	1,17	4	1,2	1,63	1,36	152	98	98	2o	2	-	127	+2b
19	62	2	146	18	-23	38	1,12	5	-	1,7o	1,31	145	1o3	1o9	35	2	-	122	-
		2	152	17	-29	39	1,o9	5	-	1,81	1,39	152	93	1o9	3o	2	-	117	-
2o	15	3	156	13	-3o	42	o,92	5	-	1,79	1,32	146	93	122	41	2	-	111	-
		3	154	13	-25	4o	o,84	5	-	1,81	1,3o	147	99	122	38	2	-	113	-
21	38	2	15o	16	-17	31	o,96	5	1	1,91	1,4o	15o	89	112	31	4	-	119	+2b,+3
		2	15o	17	-27	39	1,37	5	1	1,82	1,34	146	93	115	35	4	-	114	+2b
22	18	2	154	14	-26	4o	1,14	5	-	1,86	1,4o	152	94	11o	27	3	-	113	+2a
		1	145	2o	-1o	27	1,38	3	1	1,8o	1,4o	155	1o1	11o	27	3	-	119	-
23	78	3	167	1	-63	74	1,o2	5	1,2	1,6o	1,29	151	57	111	25	3	-	1o7	-
		3	167	2	-6o	72	1,o5	5	1,2	1,8o	1,47	153	86	1o6	31	3	-	121	-2bc

" SENKFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
24	35	1	145	16	- 7	27	1,o6	4	1,2,3	1,73	1,33	151	91	113	35	3	-	1o7	-2c
25	37	1	141	22	-15	32	1,1o	5	1	1,72	1,32	147	96	1o7	33	4	-	119	-
26	59	1	148	18	-26	4o	1,22	5	1	1,78	1,31	157	9o	115	32	3	-	112	+2b,-2c
27	49	1	15o	17	-11	24	1,35	5	1	1,57	1,42	154	9o	11o	29	2	-	112	-2c
28	83	3	15o	12	-13	3o	1,33	5	1,2,3	1,65	1,38	153	9o	117	35	2	1,2	119	+2bc
		2	15o	11	- 8	25	1,43	4	1,2,3	1,66	1,35	147	98	119	3o	2	1,2	114	+2
29	38	1	145	13	+1	21	1,4o	3	1	1,85	1,34	144	92	1o9	33	3	-	112	-2c
		2	147	14	-11	3o	1,1o	4	1	1,83	1,33	144	9o	1o9	3o	4	-	1o3	-2c,+3
3o	59	1	145	19	-1o	3o	1,19	4	-	1,69	1,38	156	81	117	42	3	2	111	-2c
		1	138	2o	0	22	1,26	2	2	1,66	1,35	154	89	113	36	3	2	111	-2c
31	25	2	15o	15	-3o	47	1,15	5	1	1,8o	1,35	149	94	11o	32	4	-	11o	+2
		2	148	14	-22	41	1,18	4	-	1,82	1,32	151	92	113	33	4	-	111	+2
32	71	3	156	9	-18	33	1,13	5	1,2	1,61	1,46	155	1o5	1o9	35	4	-	118	-2,-3
33	5o	2	147	15	-11	29	1,18	4	2	1,64	1,41	153	95	112	29	3	2	113	-2c
34	21	2	152	15	-32	45	1,1o	5	-	1,75	1,44	153	86	117	3o	4	-	127	+2b
		3	155	12	-57	7o	o,89	5	1	1,76	1,37	156	85	12o	46	3	-	116	-
35	11	3	164	9	-46	53	o,63	5	-	2,02	1,44	161	9o	11o	21	2	-	1o7	+2bc
		3	153	14	-26	4o	o,81	5	-	1,89	1,33	145	93	112	24	2	-	1o7	+2bc
36	54	1	146	2o	-23	37	1,18	5	-	1,61	1,39	159	1o1	115	37	3	2	115	+2b,-2c
		1	146	2o	-16	29	1,o2	5	-	1,62	1,37	156	89	118	38	4	2	116	+2
37	57	1	146	17	-11	28	1,25	4	-	1,73	1,33	147	94	116	4o	3	2	113	-2c
38	38	2	15o	15	-12	28	o,94	5	1,2	1,83	1,35	158	94	1o7	31	3	-	1o7	-
		2	15o	16	-11	25	1,14	5	1,2	1,88	1,33	153	9o	11o	32	2	-	112	-

" SENKFÜSSE "

Nr.	A	Gr.	a	b	c	d	CNQ	M	AV	LMQ	LCQ	TGW	TW	AW	ATQ	PS	FS	CGW	Sp.
39	58	1	14o	2o	-1o	3o	1,15	3	1,2,3	1,68	1,4o	16o	9o	112	36	2	-	114	+2a,-2c
		1	138	21	-1o	31	1,18	3	1,2	1,76	1,42	164	95	1o1	24	2	-	1o6	+2a,-2c
4o	11	1	142	2o	- 2	21	1,76	3	-	(1,6o)	(1,44)	141	1o9	(1o2)	(35)	2	-	118	-2c
		1	14o	2o	+2	19	1,52	3	-	(1,63)	(1,46)	14o	116	(11o)	(3o)	2	-	1o6	-2c
41	11	1	142	22	-8	25	1,22	4	-	1,65	1,35	14o	119	1o6	27	2	-	117	-2c
		1	146	18	-7	23	1,o5	5	-	1,8o	1,42	139	112	1o4	28	2	-	117	-2c
42	49	1	143	2o	- 7	25	1,25	4	-	1,8o	1,33	146	98	12o	36	4	-	117	+2bc
		1	137	23	-15	32	1,oo	5	-	1,87	1,31	149	97	1o8	3o	4	2	12o	+2bc
43	44	2	147	19	-32	46	1,37	5	-	1,59	1,41	154	82	1o5	31	3	-	125	- -
		2	149	18	-3o	43	1,22	5	2	1,74	1,42	148	1o9	1o5	3o	3	-	127	-
44	16	3	156	15	-31	41	1,25	5	-	1,93	1,42	16o	97	11o	36	3	-	13o	+1,+2,+ 3
		2	147	16	-15	32	1,14	4	2	1,75	1,39	148	87	114	36	3	-	126	+2
45	21	2	149	15	-18	32	1,37	5	-	1,8o	1,47	159	95	117	39	3	-	1o7	+2bc
		1	145	18	-13	28	1,17	4	-	1,8o	1,48	152	88	118	44	3	-	1o7	-
46	56	2	149	13	-21	39	1,28	4	2	1,68	1,38	151	88	112	28	3	2	1o9	+2ab,+3
		2	144	15	-12	33	1,28	2	1	1,74	1,41	154	9o	1o9	26	4	-	112	+2ab,+3
47	68	2	147	17	-19	34	1,31	5	1	1,68	1,4o	146	112	116	41	2	2	115	-
		1	143	2o	- 7	24	1,5o	4	2	1,67	1,39	148	1o2	125	53	3	-	12o	-2c,-3
48	53	3	157	11	-19	29	1,25	5	1,2	1,63	1,43	149	1o2	116	3o	4	-	1o9	-
		1	146	19	- 6	2o	1,12	5	1	1,65	1,45	151	98	113	3o	4	1	118	+2a
49	4o	2	149	18	-2o	34	1,31	5	-	1,79	1,36	153	1oo	113	25	4	1	123	-2c
		2	149	16	-15	3o	1,16	5	-	1,79	1,29	148	1o3	111	26	4	-	115	-2c,-3

Für die Fersenspornverteilung (FS), die Form des Processus medialis tuberis calcanei (PS) und die Ausprägung der Spongiosastruktur (Sp) wurde nur die Häufigkeitsverteilung mit der entsprechenden zentralen Tendenz gebracht.

Die Häufigkeitsverteilung gibt noch keinen Aufschluss über einen eventuell signifikanten Unterschied der erhaltenen Mediane. Da nach statistischen Masstäben eine Irrtumswahrscheinlichkeit (I) grösser als 5 von 1oo Fällen als nicht mehr signifikant angesehen werden kann, wurde wegen der grösseren Anzahl von Fällen und der ungleichen Gruppenverteilung die Signifikanz nach dem " Vierfelder - χ^2 - Test " bestimmt.

		Md	
i	a	b	a+b
j	c	d	c+d
	a+c	b+d	

$$\chi^2 = \frac{(a \cdot d - b \cdot c) \cdot n}{(a+c)(b+d)(a+b)(c+d)}$$

i und j sind die jeweils mit einander zu vergleichenden Gruppen H und S, H und N oder N und S. Links des Medians liegen die Merkmalsverteilungen, die kleiner oder gleich dem Median, rechts die grösser als der Median sind.
χ^2 = 3,841 muss als Grenzwert aufgefasst werden, da ihm eine 5 % ige Irrtumswahrscheinlichkeit (p = o,o5) entspricht. Bei Werten darunter tritt eine zu grosse Zufallsrate auf. $\chi^2 \geq$ 6,635 entspricht $p \leq$ o,o1, das heisst, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 %.

Zur Untersuchung gelangten 227 Füsse, davon 69 " Hohl-", 64 " Normal-" und 89 " Senkfüsse ".

Der Längen-Maximalhöhen-Quotient (LMQ) zeigt bei den " Hohlfüssen " (H) eine zentrale Tendenz (Md) von 1,672, bei den " Normalfüßen " (N) von 1,731 und bei den " Senkfüssen " (S) von 1,769 (Abb. 6).
Einem χ^2 H-S = 12,9 entspricht ein $p < o,o1$, einem χ^2 H-N = 1,7o5 ein $p > o,o5$ und einem χ^2 N-S = 12,9 wieder ein $p < o,o1$.

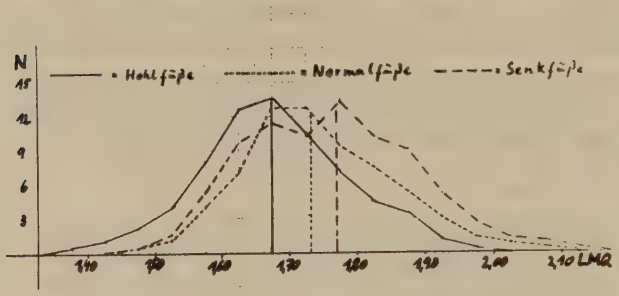


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung von LMQ

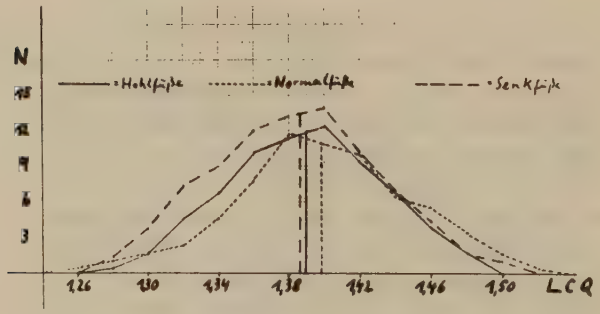


Abb. 7 Häufigkeitsverteilung von LCQ

Zwischen der zentralen Tendenz H und S besteht also ein hochsignifikanter Unterschied von we-

niger als 1 % I, desgleichen zwischen N und S. Bei H-N muss von einer zu grossen Zufallsrate gesprochen werden.

Beim Längen-Corpus-Quotienten (LCQ) kann zwischen Md_H = 1,388, Md_N = 1,397 und Md_S = 1,385 kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die zentrale Tendenz des komplementären Tuber-Gelenk-Winkels (TGW) lässt bei Md_H = 148 Grad, Md_N = 149,66 Grad und Md_S = 151,45 Grad nur einen signifikanten Unterschied von χ^2_{H-S} = 5,8 erkennen, was einem I-Wert unter 5 % entspricht.

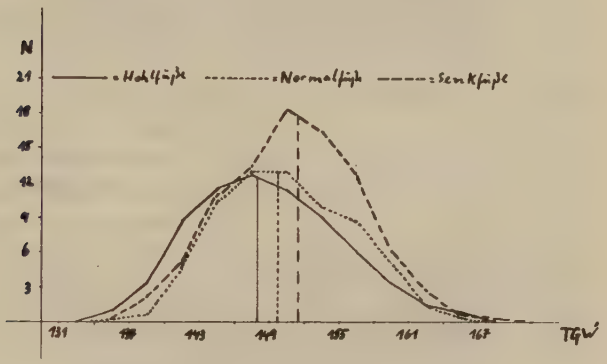


Abb. 8 Häufigkeitsverteilung von TGW

Der Unterschied in der Tuber-Winkel-Verteilung ist bei Md_H = 95,62 Grad, Md_N = 94,8 Grad und Md_S = 94,8 Grad nicht signifikant (χ^2_{H-S} = 1,23, $p > 0{,}05$).

Eine deutliche Differenz besteht aber wieder im Vergleich der Apophysenwinkel (AW) der Gruppen H-S und H-N, jedoch nicht bei N-S (Md_H = 107,66 Grad, Md_N = 110,44 Grad, Md_S = 111,34 Grad) mit χ^2_{H-S} = 14 und χ^2_{H-N} = 7,2 mit jeweils weniger als 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit.

In der Gruppe ATQ zeigt sich eine Signifikanz von $\chi^2_{H-S} = 8{,}0$ bei $Md_H = 29{,}31$, $Md_N = 29{,}17$

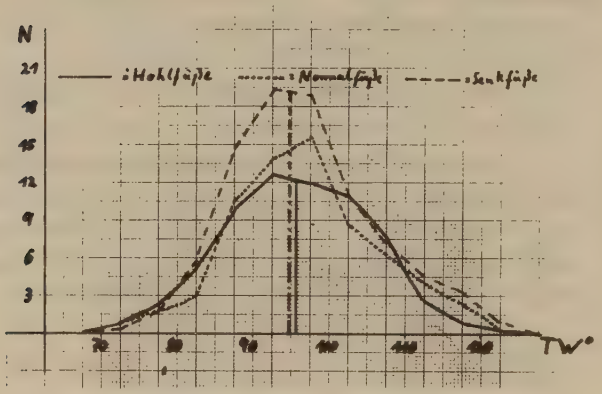


Abb. 9 Häufigkeitsverteilung der TW

und $Md_S = 32{,}59$, also wiederum eine Irrtumswahrscheinlichkeit, die kleiner als 1 % ist. Wegen

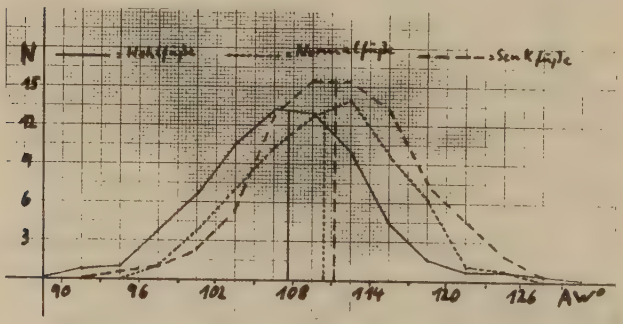


Abb. 1o Häufigkeitsverteilung der AW

der gleichmässigen Verteilung im Vierfelder-Quadrat beim Gruppenvergleich H-N und N-S erübrigt sich eine weitere Berechnung des entsprechenden χ^2.

PS wurde, wie oben schon erwähnt, nur nach den 4 Symbolen 1 - 4 unterteilt, so dass eine

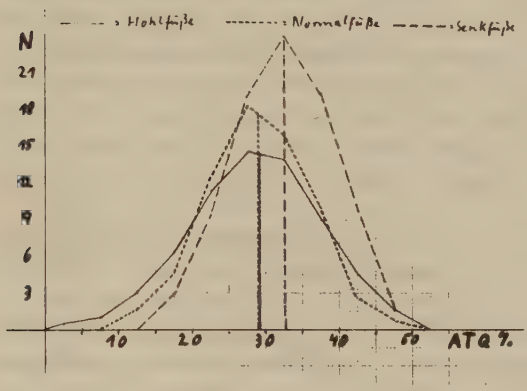


Abb. 11 Häufigkeitsverteilung von ATQ

graphische Darstellung nicht als sinnvoll erscheint. Aus dem gleichen Grund wurde auf entsprechende Kurven bei den Fersenspornen verzichtet.

Die Form des Processus medialis tuberis calcanei (PS) ergibt folgende Verteilung:

Gr.	H	N	S
1	5	o	1
2	23	11	25
3	28	42	44
4	11	16	19

Die entsprechenden zentralen Tendenzen liegen bei Md_H = 3,186, Md_N = 3,56, Md_S = 3,42. χ^2_{H-S} beträgt 1,84 und entspricht damit einem p unter o,o5 und ist bei den anderen Gruppenvergleichen noch bedeutend kleiner.

Die Fersensporne fanden sich mit 29,2 % auffallend häufig bei den Senkfüssen, im Gegensatz

zu 14,7 % bei Normal- und 14,5 % bei Hohlfüssen. Das Verhältnis der hinteren zu den unteren Spornen betrug im Durchschnitt 1/1 (H: 7/6, N: 5/6, S: 16/16), wobei allerdings die Hohlfüsse 6 x, die Normalfüsse 1 x und die Senkfüsse 3 x gleichzeitig hintere und untere Spornbildung aufwiesen. Trotz der fast doppelten Anzahl Fersensporne bei Senkfüssen gegenüber den Normalfüssen oder Hohlfüssen konnte nur ein $\chi^2 = 1,27$, also eine Irrtumswahrscheinlichkeit über 5 % errechnet werden.

Die am stärksten signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen zeigen sich im Cuboidal-Gelenkswinkel. Die zentrale Tendenz der Hohlfüsse liegt bei $Md_H = 131,04$ Grad, der Normalfüsse bei $Md_N = 122,6$ Grad und der Senkfüsse bei $Md_S = 116,6$ Grad. χ^2_{H-S} betrug 72,3, $\chi^2_{H-N} = 20,45$ und $\chi^2_{N-S} = 19,75$, was in allen drei Vergleichen für eine verschwindend geringe Irrtumswahrscheinlichkeit spricht.

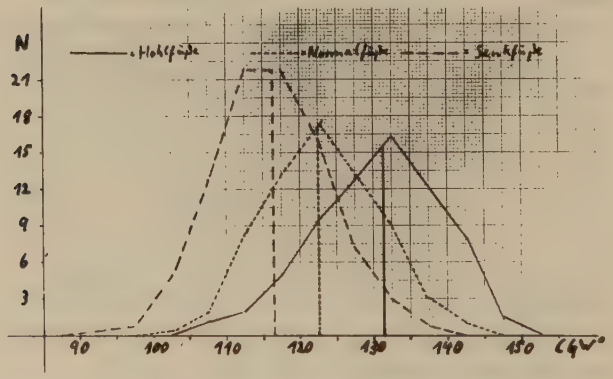


Abb. 12 Häufigkeitsverteilung der CGW

Jeder der Spongiosazüge (1, 2a/b/c, 3, 4) wurde in den drei Gruppen verglichen, um even-

tuelle Unterschiede festzustellen.

Die Häufigkeitsverteilung ergab:

Struktur	H	N	S
1	13 x +1	o x +1	2 x +1
	56 x 1	69 x 1	87 x 1
2a	17 x +2a	1o x +2a	21 x +2a
	45 x 2a	54 x 2a	63 x 2a
	7 x -2a	4 x -2a	5 x -2a
2b	24 x +2b	23 x +2b	28 x +2b
	39 x 2b	39 x 2b	56 x 2b
	4 x -2b	5 x -2b	7 x -2b
2c	24 x +2c	14 x +2c	13 x +2c
	29 x 2c	35 x 2c	39 x 2c
	15 x -2c	19 x -2c	36 x -2c
3	2 x +3	0 x +3	9 x +3
	56 x 3	6o x 3	72 x 3
	11 x -3	8 x -3	8 x -3

Nur in der Gruppe 2c konnte ein signifikanter Unterschied zwischen H und S von $\chi^2 = 5{,}05$ bei $Md_H = 1{,}345$ und $Md_S = 1{,}795$ festgestellt werden. Das bedeutet ein stärkeres Hervortreten von 2c bei den Hohlfüssen und eine schwächere Ausprägung bei Senkfüssen.

Diskussion

L. Böhler hat den Hohlfuss " das umgekehrte Spiegelbild des Knickplattfusses " genannt (Hohmann). Unter der gleichen Vorstellung haben wir uns daher entschlossen, die Calcaneus-Form dieser beiden Fussgruppen zu untersuchen, da auch hier ein entsprechendes Verhalten erwartet werden konnte. Fast zwangläufig führten diese Un-

tersuchungen auch zu einem Vergleich mit dem Normalfuss.

Ohne auf den Streit, ob pathologisch oder noch normal, näher einzugehen, sind alle Füsse als " normal " bezeichnet worden, die nicht deutliche pathologische Veränderungen aufwiesen, da diese grobe Einteilung für statisch-funktionelle Betrachtungen genügt.

Bei leichteren pathologischen Fällen konnte oft festgestellt werden, dass einzelne röntgenologische Merkmale noch im Bereich der Normalen, andere dagegen schon deutlich pathologisch waren (s. Tab. 1 - 1o). Für die Beurteilung der Fußform scheint die Stellung des Calcaneus das zuverlässigste Kriterium zu sein. Sie wird im seitlichen Röntgenbild durch die Grundlinie - Calcaneus-Achse ausgedrückt.

Über die Valgus- oder Varusstellung gibt der Cuboidal-Navikulare-Quotient (CNQ) und teilweise auch der Taluswinkel (d) Auskunft. Trotz des hohen Aussagewertes der Calcaneus-Stellung müssen bei der Beurteilung der Fussform immer gleichzeitig auch alle anderen Messergebnisse berücksichtigt werden.

Unter Umständen ist die Calcaneus-Stellung auch zur Klärung der Genese von Fussverbildungen wichtig, denn ein Plattfuss mit steilstehendem Fersenbein wird kaum als eine angeborene Fehlform zu betrachten sein.

Bei der Auswertung der einzelnen Calcaneus-Merkmale hat sich grundsätzlich eine Abhängigkeit seiner Form von der Funktion und Form des Fusses ergeben. Fasst man alle Einzeluntersuchungen zusammen, so ergibt sich folgendes:

Zu einem Hohlfuss gehört ein gedrungener, zu einem Plattfuss ein schlanker Calcaneus. In dieser Grundkonzeption sind alle anderen Merkmale

bereits enthalten. Wenn jetzt nochmals die Einzelheiten für den Hohlfuss erleutert werden, so gilt es " umgekehrt spiegelbildlich " natürlich auch für den Senkfuss, während die Werte für den Normalfuss dazwischen liegen.

Beim Hohlfuss finden wir ein hohes und kurzes Fersenbein, was sich hauptsächlich in einem relativ kleinen LMQ ausdrückt. Durch die hohe Form bedingt, ergibt sich auch ein, gegenüber dem Senkfuss verkleinerter Tuber-Gelenk-Winkel. Unter der jetzt allgemein anerkannten Voraussetzung, dass sich die Spongiosabälkchen nach der Belastungsrichtung einstellen und sich ausserdem rechtwinklig schneiden, ist es auch leicht verständlich, dass die sogenannte Apophyse, als eine Spongiosaverdickung, beim Hohlfuss näher zum Processus medialis tuberis calcanei rückt. ATQ und der Apophysenwinkel (AW) drücken als verschiedene Messmethoden beide die eben erwähnte Sachlage aus: sowohl ATQ wie auch der AW sind beide relativ klein.

Als Nebenbefund ergab sich bei den Untersuchungen, dass der ursprüngliche Apophysenspalt sehr viel höher endet, als nach dem Wachstumsabschluss die obere Apophysenbegrenzung.

Damit sich bei einem steil stehenden Calcaneus das Cuboid und die anderen Fusswurzelknochen in ihrer Form gut anpassen können, ist ein stumpferer Cuboidal-Gelenks-Winkel nötig. Nach den vorliegenden Untersuchungen besteht in diesem CGW der deutlichste Unterschied zwischen allen drei Gruppen und bestätigt damit die aufgestellte Hypothese.

Die auffällige, wenn auch nicht signifikante Häufung der Fersensporne beim " Senkfuss " im Gegensatz zu den beiden anderen Gruppen kann wahrscheinlich mit der verstärkten und abnormen Belastung erklärt werden (Hohmann).

Bei einer signifikanten Änderung von LMQ hätte man auch entsprechende Unterschiede bei LCQ vermuten können. Da sich diese Unterschiede nicht zeigen, muss angenommen werden, dass Corpuslänge und Gesamtlänge sich jeweils im gleichen Verhältnis ändern.

Leicht erklärlich erscheint die Tatsache, dass der Tuber-Winkel keine typenspezifische Veränderung zeigt, da er weder als Muskel- bzw. Sehnenansatz dient, noch auf eine andere Weise belastet oder statisch beansprucht wird. Die besonders spitzwinklige Form (Haglund-Exostose) ist also an keinen besonderen Fusstyp gebunden, was im Gegensatz zur Meinung Aberles steht.

Obwohl der Processus medialis tuberis calcanei als Ursprung verschiedenen kurzen Fussmuskeln und der Plantaraponeurose dient, zeigt auch er keine Formabhängigkeit von den drei Fussgruppen. Offensichtlich stellt die vertikale Druckbelastung, bzw. die Resultante aus Zug der Achillessehne, der kurzen Plantarmuskeln und dem vertikal einwirkenden Druck für die Ausbildung seiner Form keinen so starken Faktor dar.

Die Beurteilung der Spongiosaarchitektur lag nur am Rande dieser Arbeit, da eine solche nur aus seitlichen Röntgen-Aufnahmen des Fusses sicher nicht statthaft ist. Diese dreidimensional verlaufenden Bälkchenzüge müssen durch andere Arbeitsmethoden erforscht und gedeutet werden. Wenn sich trotzdem ein signifikanter Unterschied der Struktur 2c ergibt, die bei Hohlfüssen stärker als bei Senkfüssen ausgeprägt ist, so darf das aus den oben erwähnten Gründen nicht als endgültige Aussage gewertet werden.

Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf den Calcaneus dürften hauptsächlich von theoretischem Interesse für die funktionell-anatomische Betrachtungsweise sein, da die Unterschiede der

einzelnen Masse für klinische Untersuchungen meist zu klein sind. Anders verhält es sich jedoch mit der röntgenologischen Beurteilung der Fussform, die mit annähernder Genauigkeit durch das Anlegen eines Winkelmessers an das Röntgen-Bild in Zweifelsfällen schnell vorgenommen werden kann. Als wichtigstes Kriterium erscheint die Calcaneus-Stellung. Sie sollte allerdings immer nur in Verbindung mit den anderen Massen ausgewertet werden.

Zusammenfassung

227 Füsse, unterteilt in " Normal-, Hohl- und Senkfüsse " wurden im seitlichen Röntgen-Bild daraufhin untersucht, ob eine Abhängigkeit der Calcaneus-Form von der Gesamtform des Fußes und seiner Funktion besteht. Die Begriffe " Normalfüsse ", " Hohlfüsse " und"Senkfüsse " sollen in einem weiten funktionellen Sinn und nicht streng pathologisch-anatomisch aufgefasst werden. Die Einteilung wurde klinisch durch Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung, ausserdem röntgenologisch in Seitaufnahmen, belastet, nach folgenden Kriterien vorgenommen:

1. Dem Winkel zwischen Calcaneus-Achse und Metatarsal-I-Achse (a) = modifizierter Ristwinkel.
2. Dem Calcaneus-Neigungswinkel zur Auftrittsebene (b).
3. Dem Winkel zwischen Talusachse und Metatarsal-I-Achse (c).
4. Dem scheinbaren Taluswinkel zur Auftrittsebene (d).
5. Dem Cuboidal-Navikulare-Quotienten (CNQ),
6. und der Richtung der Metatarsal-I-Achse.

Als wichtigstes Merkmal erschien bei den Untersuchungen der Calcaneus-Neigungswinkel, obwohl auch er immer nur im Zusammenhang mit anderen Werten beurteilt werden sollte.

Zur Bestimmung der Calcaneus-Form kamen als Kriterien in Frage:

1. Der Längen-Maximalhöhen-Quotient (LMQ).
2. Der Längen-Corpus-Quotient (LCQ).
3. Der Komplementär-Winkel des Tuber-Gelenk-Winkels (TGW).
4. Der Tuber-Winkel (TW).
5. Der Apophysen-Neigungswinkel zur Calcaneus-Achse (AW).
6. Die Entfernung des Processus posterior vom oberen Apophysenansatz in Prozenten der Entfernung des Processus posterior von der Unterfläche des Tuber calcanei (ATQ).
7. Die Form des Processus medialis tuberis calcanei.
8. Der Cuboidal-Gelenks-Winkel, das heisst, der Winkel zwischen der Cuboidal-Gelenksfläche und der Calcaneus-Achse (CGW).
9. Die Spongiosastruktur, soweit beurteilbar.

Die statistische Befundauswertung ergab einen prinzipiellen Unterschied zwischen Hohlfüssen und Senkfüssen und zum Teil sogar zwischen allen drei Gruppen, nämlich einen schlanken und etwas länglichen Calcaneus bei Senkfüssen, eine hohe, kurze und plumpe Form bei Hohlfüssen, während die Fersenbeingestalt bei Normalfüssen dazwischen lag.

Im einzelnen besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Extremgruppen und zum Teil auch zwischen allen drei Calcaneus-Formen,

1. im Längen-Maximalhöhen-Quotienten (LMQ),

welcher bei Hohlfüssen kleiner als bei Senkfüssen ist,

2. im modifizierten Tuber-Gelenk-Winkel = Komplementärwinkel (TGW), der bei Hohlfüssen kleinere Werte als bei Senkfüssen zeigt,
3. im Apophysen-Neigungswinkel (AW),
4. im Apophysen-Tuber-Quotienten (ATQ). Die beiden letzten Masse korrespondieren miteinander, da sie beide die Apophysenstellung ausdrücken. Sie sind bei Hohlfüssen kleiner als bei Senkfüssen
5. und im Cuboidal-Gelenks-Winkel (CGW), welcher bei Hohlfüssen deutlich grösser als bei Senkfüssen ist.

Der Längen-Corpus-Quotient, der Tuberwinkel, die Form des Processus medialis tuberis calcanei und die Fersenspornbildung liessen keinen signifikanten Unterschied erkennen, können also auch nicht als typisch für die verschiedenen Fuss- bzw. Calcaneus-Formen gelten. Die Spongiosaarchitektur kann in Fuss-Seitaufnahmen nicht zufriedenstellend beurteilt werden und erfordert noch weitere Untersuchungsmethoden.

Obwohl signifikante Unterschiede in den einzelnen Calcaneus-Massen bestehen, können sie nur schwer zu einer klinischen Diagnosestellung herangezogen werden. Für die funktionell-anatomische Forschung sind die Ergebnisse jedoch von Interesse, da sie für eine deutliche Formabhängigkeit des Calcaneus von dessen funktioneller Belastung sprechen.

Literaturverzeichnis

Aberle, W.: Der hohe Calcaneus und seine operative Behandlung nach Spitzy. Z. Orthop. 66 S. 281-9o

Albert,: 1. Über die Architektur der Knochenspongiosa. Wien. klin. Wschr. 43, 1o77 (1899)

-- 2. Die Architektur des menschlichen Fersenbeines. Wien. Med. Presse 1, 9-17 (19oo)

Baisch,: Bau und Mechanik des normalen Fusses und des Plattfusses. Z. Orthop. 31, 219 ff (1913)

Basler, A.: Über die Ausdehnung und Belastung der Sohlenstützpunkte beim Stehen. Z. Orthop. 48, 98 ff (1927)

Bates, J.E.: Practical roentgeninterpretation of the foot. J. Amer. Podiat. Ass. 54, 328-3o (1964)

Benninghoff, A.: Lehrbuch der Anatomie. 6. Aufl. München 1957

Böhm, M.: 1. Das menschliche Bein. Stuttgart 1935

-- 2. Der kindliche Fuss. Z. Orthop. Chir. 57, 84-1o4 (1932)

-- 3. Der kongenitale Plattfuss. Zbl. Chir. 5o, 2987-9o (1932)

Braus, H.: Anatomie des Menschen. 3. Aufl. Bd.1, Springer, Berlin, 1954

Brandt,: Die Torsion der unteren Extremität und ihre Bedeutung für die Deformitätenentstehung. Stuttgart 1928

Bruno, G.: 1. Beobachtungen zur Morphologie des Calcaneus. Fortschr. Röntgenstr. 53, H 2, 14o-2, (1936)

-- 2. Veränderung der Fußsohlenform und Verhalten des Fußskelettes beim Gehen. Arch. Orthop. Unfall Chir. 35, 678-82, (1935)

Campers, P.: Abhandlungen über die beste Form der Schuhe. Neu Hrsg. Thomsen, W., 2.Aufl. Leipzig 1949

Caspari, H.: Über das Fersenbein. Berlin. Med. Diss. 1929

Cramer, K.: Der Plattfuss. Stuttgart 1925

Debrunner, H.: Zur Geschichte der Klumpfussbehandlung. Arch. Orthop. Unfall Chir. 36, 1o1-o9, (1936)

Dennemann, H.: Möglichkeiten zur röntgenologischen Diagnostik von Fussformen und Fussdeformitäten. Verh. dtsch. orthop. Ges. 94, 291-98 (1961)

Duchenne,: Physiologie der Bewegungen. Cassel-Berlin 1885

Ducroquet, R.J.et P.: La Marche et les Boiteries. Paris 1965

Dwyer, F.G.: The relationship of variations in the size and inclination of the calcaneum to the shape and function of the whole foot. Ann. Roy. Coll. Surg. Engl. 34, 12o-37 (1964)

Ehalt, W.: Die Verwertung des Tubergelenkwinkels in der Beurteilung von Verletzungen und Erkrankungen des Fersenbeins. Mschr. Unfallheilk. 4o, 25-29 (1933)

Engels, W.: Über den normalen Fuss und den Plattfuss. Z. Orthop. 12, 461-5o3 (19o4)

Erlacher,: Zur Begriffsbestimmung des angeborenen Hackenfusses und des angeborenen Plattfusses. Z. Orthop. 1943

Exner, G.: 1. Kleine Orthopädie. 6. Aufl., Stuttgart 1965

-- 2. Die Fußschwäche. Münch. Med. Wschr. 96, 1123-26 (1954)

Fick, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Bd. 1, Jena 19o4

Fürmeier, A.: Über Fußschmerzen und ihre Behandlung. Med. Klin. 46, 1224-27 (1951)

Gantenberg, R. und Koch, W.: Röntgenuntersuchungen des Fußskeletts von Sportsleuten. Röntgenpraxis 4, 937-47 (1932)

Gaugele, K.: Der Hohlfuss und verwandte Verbildungen. Versuch einer Klassifikation dieser Verbildungen. Zbl. Chir. 33, 1788-9o (1924)

Gebhard, W.: Über die funktionelle Knochengestalt. Verh. dtsch. orthop. Ges. 9, 121-221 (191o)

Geigy,: Wissenschaftliche Tabellen (Documenta Geigy) 6. Aufl., Hrsg. J.R.Geigy AG., Basel 1962

Gerassimova und Kottscheff,: Beitrag zur Frage des normalen Kinderfusses aufgrund der Untersuchungen von 1ooo Kindern. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 26, 767-7o (1928)

Goerttler, K.: Das Form- und Funktionsproblem in der Orthopädie. Verh. dtsch. orthop. Ges.45, 21-33 (1957)

Güntz, E.: Das Röntgenbild des Fusses. Z. Orthop. 69, 445 ff (1939)

Giuliani, K.: Lähmungen. Handbuch der Orthopädie in 4 Bänden, Hrsg. Hohmann, Hackenbroch, Lindemann, Bd. 4, Teil 2, Stuttgart 1961

Hackenbroch, M.: Der Plattfuss. Handb. der Orthop. Bd. 4/2, Hrsg. G.Hohmann, M.Hackenbroch, K. Lindemann, Stuttgart 1961

Haglund, P.:1.Beitrag zur Klinik der Achillessehne. Z. Orthop. Chir. 49 (1928)

-- , 2. Radiographische Studien über die funktionelle Struktur der Spongiosa des Calcaneus. Upsala Läk. Fören. Förh., Bd. 9, Heft 1-3

Hanausek,: Beitrag zum statischen Problem des Skeletts der unteren Extremität. Z. Orthop. 34, 6o7 ff (1914)

Hasselwander, L.: Der Einfluss der Belastung auf die Gestalt des menschlichen Fusses; eine anatomische Studie am Lebenden mittels des Röntgenraumbildes. Z. Anatom. Entwickl.Gesch. 11o, 154-72 (1939)

Hofmann, M.: Zur Anatomie und Mechanik des Platt- und Hackenfusses. Dtsch. Z. Chir. 68, 347-62 (1903)

Hohmann, G.: 1. Pes planovalgus congenitus. Handb. d. Orthop. Bd. 4, Teil 2, Hrsg. Hohmann, Hackenbroch, Lindemann, Stuttgart 1961

-- 2. Fuss und Bein. 5. Aufl. München 1951

Irie, G.: Zum Studium über die Formen des Calcaneus und des Olecranon. J. orient. Med. 23, 25 (1935)

Keiser-Nielsen, H.: Observation on the normal anatomy and the normal function of the foot. Bibl. Laeg. 155, 131-54 (1963)

Kneese, K.H.: Knochenstruktur als Verbundbau. Stuttgart 1958

Köhler, A.: Zimmer, E.A.: Grenzen des normalen und Anfänge des pathologischen im Röntgenbild des Skeletts. 1o. Aufl. Stuttgart 1956

Kuwana Tetsushiro,: Studien über die Entwicklung der Knochenbalken des Kalkaneus. Jissen.Iri. Tokyo 4, 365-75 (1934)

Lauenstein, C.: Beitrag zur Frage der Umgestaltung der Architektur des Fersenbeins. Mschr. Unfallheilk. 17, Heft 1o-11, 5o4-9 (191o)

Lewin, P.: The Foot and the Ankle. Philadelphia 1959

Lorenz, A.: Die Lehre vom erworbenen Plattfuss. Stuttgart 1883

Lusted, L.B. and Keats, T.E.: Atlas of Roentgenographic Measurement. Year Book Publishers. Chicago 1959

Maaß, H.: Die gestaltenden und umgestaltenden Kräfte in der Skelettentwicklung. Z. Orthop. Chir. 48, 45 (1927)

Matheis, H.: Versuch einer praktischen Systematik der Fussverbildungen. Z. Orthop. Chir. 47, 161 (1926)

-- 2. Neue Gesichtspunkte zur Fussmechanik. Verh. dtsch. orthop. Ges. 22, 278 (1927)

Matthiass, H.H. und Berndt, S.: Fussbefunde bei Beinamputierten. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 58, 341-66

Mau, H.: Degenerative Erkrankungen des Fusses. Handb. d. Orthop., Hrsg. Hohmann, Hackenbroch, Lindemann, Bad. 4/II, Stuttgart 1961

Meyer, G.H.v.: 1. Ursache und Mechanismus der Entstehung des erworbenen Plattfusses. Jena 1883

-- 2. Statik und Mechanik des menschlichen Fußes. Jena 1886

-- 3. Der Klumpfuss und seine Folgen für das übrige Knochengerüst. Jena 1888

Mouchet, A.: Typs calcanéens. Bull. Soc. Anat. Paris 93, 4o9-12 (1923)

Morton, D.J.: The human foot. Columbia University Press, Fourth print. 1948

Morton, T.G.: A peculiar affection of the fourth metatarso-phalangeal articulation. Amer. J. med. Sci. 1876

Niederecker, K.: Pathologische Veränderungen des Fußskeletts bei Plattfüssen an Hand eines grösseren Operationsmaterials. Z. Orthop. 8o, 97-128 (1951)

Pauwels, F.: 1. Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates. 1. Aufl, Berlin 1965

-- 2. Funktionelle Anpassung des Knochens durch Längenwachstum. Verh. dtsch. orthop. Ges. 45, 34-56 (1957)

Pitzen, P.: Zur Entwicklung des Längsgewölbes beim normalen Fuss nach der Geburt. Z. Orthop. 84, 44-5o (1954)

Reiner, H.: Beiträge zur Architektur des Calcaneus. Z. Orthop. Chir. 31, 155 (1913)

Rey, J.: Die Abhängigkeit der Fussform von der Traglinie. Z. Orthop. 43, 49 ff (1924)

Ritchie, G.W.: A radiographic analysis of major foot deformities. Canad. Med. Ass. J. 91, 84o-44 (1964)

Roux, W.: 1. Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. 1 und 2, Leipzig 1895

-- 2. Entwicklungsmechanik der Organismen, Vorträge und Aufsätze. Leipzig 1895

-- 3. Terminologie der Entwicklungsmechanik der Tiere und Pflanzen. Leipzig 1912

Rütt, A.: 1. Studie über die Füsse von Tänzerinnen und Tänzern. Z. Orthop. 82, 37o-75 (1952)

-- 2. Ergebnisse einer Fussreihenuntersuchung. z. Orthop. 83, 393-98 (1953)

-- 3. Der Hohlfuss. Handb. d. Orthop. Hrsg. Hohmann, Hackenbroch, Lindemann, Bd 4/II, Stuttgart 1961

Sacher, W.: Die Form des Fersenbeins und ihre Beziehung zu den Fusstypen. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 44, 226-34 (1949)

Schede, F.: Eine Methode zur Messung der Fußsenkung. Z. Orthop. 46, 68-69 (1924)

Scheidt,: Der Fusschmerz, seine Deutung und Behandlung in der Praxis. Med. Klin. 48, 129-34 (1953)

Scherb,: 1. Bemerkungen zur Ätiologie des Klauenhohlfusses. Z. Orthop. Chir. 44

-- 2. Zur Therapie des Klauenhohlfusses. Z. Orthop. Chir. 47, 353-63

Seitz, L.: Die vorderen Stützpunkte des Fusses unter normalen und pathologischen Verhältnissen. Z. Orthop. Chir. 8, 37-78 (19o1)

Solger,: Präparate über Knochenarchitektur. Münch. med. Wschr. 7, 275 (19o1)

Spitzy, H.: Bau und Entwicklung des kindlichen Fusses. Jb. Kinderheilk. 57, 731-62 (19o3)

Staudinger, G.: Eine neue Mess- bzw. Untersuchungsmethode des Fusses. Verh. dtsch. orthop. Ges. 28, 219-25 (1933)

Stracker, O.A.: 1. Der Fuss im Wandel der Zeit und seine Schönheit. Med. Klin. 57, 1624-29 (1962)

-- 2. Die Pathogenese des kindlichen Knickfußes. Z. Orthop. 83, 353-65 (1953)

Straßer, H.: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik. Berlin 1908

Templeton, A.W.: Standardization of terminology and evolution of osseous relationship and congenitally abnormal feet. Amer. J. Röntgen. 93, 374-81, (1965)

Thomsen, W.: 1. Vorrichtung für die Aufnahme des Fußskeletts unter Belastung zur Messung der Weichteile. Röntgenpraxis 8, 241 (1936)

-- 2. Über die Fusslänge, die Messung ihrer Veränderung. Z. Orthop. 66, 232-41 (1937)

-- 3. Die Form und Funktion in der Problematik des Fusses. Verh. dtsch. orthop. Ges. 45, 77-83 (1957)

-- 4. Der Begriff der Norm in seiner Bedeutung für die Fussform. Manuskript

Timmer,: Zusammenhang des Pes valgus und des Pes calcaneus beim Neugeborenen. Verh. dtsch. orthop. Ges. 1923

Untereiner, J.: Der Normalfuss ist ein Knickfuss. Verh. dtsch. orthop. Ges. 49, 388-91 (1962)

Volmer, W.: Über die Wölbung des Fusses im belasteten und unbelasteten Zustand. Z. Orthop. 41, 225-27 (1921)

Weidenreich,: Der Menschenfuss. (Nach Matheis, H.Z.: Versuch einer praktischen Systematik der Fussverbildungen).

Weinert, A.: 1. Die anatomische und funktionelle Belastung des menschlichen Fusses. Zbl.Chir. 1929, 965-71

-- 2. Der menschliche Fuss als Urbild gestaltender Funktion. Dtsch. med. Wschr. 1929, 1466-68

Wetzenstein, H.: Eine Untersuchung der Fersenbelastung beim Gehen. Acta. orthop. Scand. Suppl. Nr. 75

Wisbrun, W.: 1. Das elastische Stützsystem des menschlichen Fusses. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 34, 461-82 (1933)

-- 2. Der Senkungs- und Aufrichtungsmechanismus des Skeletts beim statischen Senkfuss. Z. Orthop. 64, 64 ff (1936)

-- 3. Zur Behandlung des Klumpfusses unter besonderer Berücksichtigung der Korrekturstellung. Verh. dtsch. orthop. Ges. 42, 183-86 (1954)

-- 4. Die Fehlstellung der Ferse beim angeborenen Klumpfuss. Z. Orthop. 84, 451-58 (1954)

-- 5. Zur Einlagenbehandlung des erworbenen Plattfusses. Detorsion oder Verstrebung ? Z. Orthop. 82, 59o-99 (1952)

Wolf, J.: Der verkrüppelte Fuss der Chinesin. Z. Orthop. 91, 6o2-19 (1959)

Wolff, J.: Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt. Virchows Arch. path. Anat. 155, 256 ff (1899)

Herrn Prof. Dr. med. Exner danke ich für die Überlassung des interessanten Themas sowie für seine wertvolle Unterstützung und wertvolle Hilfe.

Lebenslauf

Als Ältester von vier Kindern des Arzt-ehepaares Dr. med. Heinz und Dr. med. Marianne Sollmann, geb. Seidel wurde ich am 24.11.1938 in Breslau geboren. Nach der Flucht besuchte ich in Elsterberg/Vogtl. sechs und in Gotha/Thür. zwei Jahre lang die Grundschule. 1952 zogen wir nach Haina/Kloster in die Bundesrepublik zu unserem aus russischer Kriegsgefangenschaft heimgekehrten Vater. Von dort aus besuchte ich das neusprachliche Gymnasium in Frankenberg/Eder bis zum Abitur im Jahre 1959.

Mein Medizinstudium absolvierte ich ab 1959 mit drei Semestern in Marburg, drei Semestern in Berlin, einem Semester in Innsbruck und wieder vier Semestern in Marburg, wo ich das Studium mit dem Medizinischen Staatsexamen im März 1965 abschloss.

Als Medizinalassistent war ich seitdem in Riehen/Schweiz, Marburg/Lahn und Salzgitter-Bad tätig.

Verheiratet bin ich seit 1966. Meine Dissertation erhielt ich von Prof. Dr. med. G. Exner an der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Marburg/Lahn.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten :

In Marburg:

Ammon, Berendes, Braun-Falco, Bücher, Dimroth, Dittrich, Dölle, du Mesnil de Rochemont, Exner, Gedigk, Hartmann, Hensel, Heuser, Hornung, Huber, Kessler, Linneweh, Mann, Mahr, Mattes, Maurath, Neubauer, Niessing, Oehme, Oksche, Overbeck, Petry, Sahlfeld, Sauer, Schadewald, Schleyer, Schmid, Schölmerich, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Straub, Streicher, Walcher, Wendt, Würterle.

In Berlin:

Bücherl, Clemens, Fischer, Handl, Höring, Maßhoff, Pezold, Pfeffer, Schmidt, Schütte, Schwarz, von Herrath.

In Innsbruck:

Asperger, Ganner, Hittmair, Huber, Lang, Niederwieser, Scharfeter, Schinzel, Tapfer.